

Perancangan Jalur Gelombang Mikro 13 Ghz Titik Ke Titik Area Prawoto

– Undaan Kudus

Imam Santoso
Ajub Ajulian Zahra
Al Anwar

Abstract: In communication systems, transmission lines have the important role as the link media for connecting data from source to destination. One of information transmission using unguided media or wireless in point to point connection is microwave system. The succesfull in receiving information data with microwave communication system depend on the accurate parameters value of the radio link budget, including the prediction of minimum receive signal level and all possible environment disturbances.

In this research we using the Pathloss software as a tool to get all the link budget parameters values, such as operating frequency, point-to-point distance, transmitter power, and antenna diameter. The link budget design will be implemented in point-to-point microwave radio link from Prawoto to Undaan Sites in Kudus area of Central Java.

As a result with the point-to-point distance of 6,62 km, the optimum parameters of 13 GHz microwave radio link used SP4-127 antenna with 1,2m in diameter, with transmitter power 24 dBm and receive signal level -25,90 dBm.

Keywords: point-to-point microwave radio link, link budget, pathloss

Media Transmisi dengan menggunakan frekuensi radio berkembang pesat di Indonesia. Sebagian besar media transmisi menggunakan teknik ini. Teknik komunikasi melalui media tidak terpandu dan dengan menggunakan frekuensi radio dianggap mampu memenuhi tantangan sistem telekomunikasi saat ini, dimana mampu menangani jumlah pelanggan yang banyak.

Seiring dengan berkembangnya jumlah penduduk dan bertambahnya penggunaan media transmisi frekuensi radio ini, maka timbul permasalahan. Dengan bertambahnya jaringan, maka bertambah pula penggunaan frekuensi radio. Hal ini dapat menyebabkan masalah antara lain gangguan dari frekuensi yang saling berdekatan (*interference*). Untuk mengatasi masalah *interference* diperlukan suatu perencanaan yang matang dalam pemakaian frekuensi radio. Selain itu, perlu untuk memperhatikan jarak transmisi dan kondisi baik topografi area dan iklim area dimana jalur media transmisi akan dipasang.

Pemahaman mengenai topologi dan kondisi cuaca, serta parameter yang

mempengaruhi media transmisi microwave ini, perlu ditunjang dengan pemahaman piranti yang akan dipasang.

Dengan adanya pemahaman terhadap pentingnya kebenaran dalam perhitungan parameter jalur *microwave*, dan pemahaman tentang tipe radio yang akan dipasang diharapkan jalur transmisi *microwave* yang dirancang memiliki keandalan yang tinggi. Dengan keandalan yang tinggi, tentunya jalur transmisi tersebut layak untuk digunakan.

Pembatasan Masalah

Untuk mencapai tujuan di atas, maka penulis akan membatasi ruang lingkup permasalahan dalam penelitian ini dibatasi pada:

- 1) Media Transmisi yang dibahas adalah media transmisi udara dengan penggunaan frekuensi radio 13 GHz.
- 2) Jalur Transmisi komunikasi *microwave* yang dianalisis adalah link Prawoto – Undaan dengan kondisi cuaca daerah dengan kode P, dan standar perhitungan ITU – T.

Imam Santoso, Ajub Ajulian (immstso.ajub@undip.ac.id), adalah dosen di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Jl. Prof. Sudharto, S.H. Tembalang, Semarang 50275

Al Anwar adalah mahasiswa di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Jl. Prof. Sudharto, S.H. Tembalang, Semarang 50275

- 3) Analisis jalur transmisi pada perhitungan *line of sight*, *link budget* jalur *terrestrial microwave point to point*.

- 4) Menentukan nilai *Received Signal Level* (RSL)
- 5) Menentukan nilai *Carrier to Noise Ratio* (C/N)

Propagasi Gelombang Radio

Line of Sight

Line of sight microwave merupakan suatu transmisi radio *broadcast* dengan pelayanan dari titik ke titik. Dengan kata lain sistem transmisi ini dapat dianggap seperti layaknya radio *relay*. Jaringan *point to point* ini dapat didefinisikan sebagai hubungan radio transmisi *microwave* dari daerah dekat (*ner end*/pemancar) menuju daerah jauh (*far end*/penerima). Pada kasus *line of sight* ini, panjang jalur atau jarak transmisi dibatasi oleh syarat *line of sight*. *Line of sight* dianalogikan sebagai jalur lurus udara layaknya pandangan mata lurus.

Model Okumura-Hata

Model *Okumura-Hata* adalah model propagasi yang diketahui, dimana dapat digunakan pada wilayah sel makro untuk memprediksi atenuasi tengahan sinyal radio. Satu model komponen menggunakan *free space loss*. Model *Okumura-Hata* merupakan model *empiris*, yang didasarkan pada perhitungan ukuran sel.

Model Walfish-ikegami

Model *Walfish-ikegami* adalah model propagasi empiris untuk wilayah perkotaan, dimana dikhususkan untuk aplikasi sel mikro.

Model *Walfish-ikegami* terbagi dalam dua kasus, yaitu keadaan *line-of-sight* (LOS) dan *non-line-of-sight*. Rumus untuk memprediksikan *path loss* dalam keadaan LOS dapat ditulis

$$L = 42.6 + 26 \log d + 20 \log f$$

dengan :

$$d = \text{jarak (km)}$$

$$f = \text{frekuensi (MHz)}$$

dimana keadaannya tidak *line-of-sight*, dengan rumus *path loss*nya dapat ditulis

$$L = 32.4 + 20 \log_{10} d + 20 \log_{10} f + L_{TFS} + L_{MFD}$$

Menghitung Link Budget

Tahapan untuk menghitung link budget sinyal adalah sebagai berikut:

Berdasarkan hal tersebut, perhitungan jalur transmisi (*link budget*) melalui beberapa tahap:

- 1) Menentukan nilai *Evective Isotropic Received Power* (EIRP)
- 2) Menentukan nilai *Free Space Loss* (FSL)
- 3) Menentukan nilai *Isotropic Received Level* (IRL)

Menentukan EIRP

Evective Isotropic Received Power (EIRP) menunjukkan nilai efektif daya yang dipancarkan antenna pemancar. Nilai ini dipengaruhi oleh level keluaran pemancar, kemungkinan rugi-rugi *feeder* dan gain antenna. Secara matematis, nilai ini dapat ditulis:

$$EIRP_{dBw} = T_{X_{out}} + G_{T_{Xant}} - L_l$$

Dengan $T_{X_{out}}$ adalah daya keluaran transmitter (dBw), G_{ant} adalah gain antenna (dB) dan L_l adalah rugi-rugi jalur (dB).

Menentukan FSL

Free Space Loss (FSL) adalah suatu nilai yang menunjukkan rugi-rugi jalur transmisi. Rugi-rugi jalur transmisi ini dikarenakan karena penggunaan media udara sebagai media pemandu, jarak jalur transmisi dan penggunaan frekuensi radio. Besar FSL ini dapat dihitung dengan rumus:

$$L_{dB} = 32.44 + 20 \log D_{km} + 20 \log f_{MHz}$$

Dengan D adalah jarak antara antenna pemancar dan penerima, dan f adalah frekuensi pembawa (MHz).

Menentukan IRL

Isotropic Received Level (IRL) merupakan nilai level daya *isotropic* yang diterima oleh stasiun penerima. Nilai IRL ini bukan nilai daya yang diterima oleh sistem atau rangkaian *decoding*. Akan tetapi nilai ini adalah nilai level daya terima antenna stasiun penerima. Besar nilai IRL ini adalah:

$$IRL_{dB} = EIRP_{dBw} - L_{dB}$$

Menentukan RSL

Received Signal Level (RSL) merupakan level daya yang diterima oleh piranti pengolah *decoding*. Nilai RSL ini dipengaruhi oleh rugi-rugi jalur dan gain antenna penerima. Dengan ini nilai RSL dapat dihitung dengan rumus:

$$RSL_{dBw} = IRL_{dBw} + G_{Tr_{dbi}} + L_{l_{dB}}$$

PERANCANGAN SISTEM Pemodelan Sistem

Untuk mempermudah perhitungan jalur komunikasi radio dapat digunakan beberapa perangkat lunak yang sudah biasa digunakan. Salah satu perangkat lunak yang sering digunakan adalah *pathloss 4.0*. perangkat lunak ini merupakan perangkat lunak yang diakui secara internasional untuk menghitung *link budget* jalur komunikasi radio maupun UHF. Perangkat lunak ini diterbitkan oleh *contract telecommunication engineering* dari British Collumbia, Canada yang telah diakui oleh ITU sebagai software untuk menghitung *link budget*.

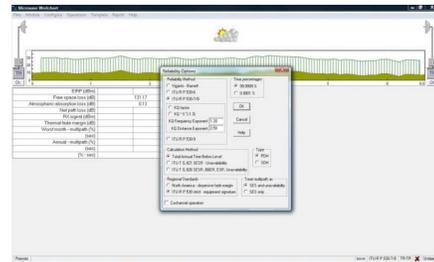
Untuk dapat menghitung *link budget* tersebut dengan menggunakan *pathloss 4.0* ada beberapa file penunjang yang harus digunakan. Beberapa file penunjang tersebut adalah base data hujan, informasi perangkat antenna, radio, *feeder* dan pengkalanalan frekuensi. Hal yang tak kalah pentingnya adalah peta digital seperti SRTM, DEM, geotiff dan lain-lain. Akan tetapi untuk peta digital ini dapat digantikan dengan memberikan informasi topografi daerah secara manual yaitu peninjauan lapangan maupun pembacaan peta kontur yang tersedia.

Adapun langkah – langkah untuk menghitung *link budget* adalah sebagai berikut:

- 1) Menentukan daerah hujan jalur komunikasi yang akan dibuat
- 2) Memberikan informasi topografi daerah
- 3) Memberikan informasi penghalang sinyal yang mungkin terjadi
- 4) Menentukan ketinggian minimum antenna radio
- 5) Menampilkan hasil profile propagasi gelombang radio ruang bebas yang telah disetting
- 6) Memberikan informasi mengenai perangkat yang akan digunakan
- 7) Menampilkan hasil perhitungan *Link Budget*



Gambar 3.1 Diagram alir proses penghitungan *link budget* dengan *pathloss 4.0*



Gambar 3.2 Menu worksheet

Setelah semua parameter terisi, maka tahapan selanjutnya adalah menampilkan hasil perhitungan yang akan diimplementasikan pada site yang akan dibuat. Adapun tahap untuk menampilkan informasi lengkap mengenai hasil perhitungan ini adalah sebagai berikut:

1. Buka menu *worksheet*, klik menu report, pilih menu *fullreport*.
2. Selanjutnya akan ditampilkan secara penuh hasil perhitungan perangkat lunak tersebut.

[Microwave Worksheet - 13-PRAWOTO-Undaan.p4]

	PRAWOTO	Undaan
Elevation (m)	9.07	19.97
Latitude	06 57 26.10 S	06 54 50.40 S
Longitude	110 00 30.00 E	110 01 49.40 E
True azimuth (°)	316.22	136.23
Vertical angle (°)	-4.50e-03	-0.04
Antenna model	SP4-127	SP4-127
Antenna height (m)	35.00	38.00
Antenna gain (dB)	41.70	41.70
TX filter loss (dB)	0.50	0.50
RX filter loss (dB)	0.50	0.50
Frequency (MHz)	13000.00	
Polarization	Vertical	
Wave length (m)	23.02	
Free space loss (dB)	131.17	
Atmospheric absorption loss (dB)	0.13	
Field margin (dB)	1.00	
Net path loss (dB)	49.50	49.50
Radio mode	9413AWY004-03E1	9413AWY004-03E1
TX power (watts)	0.25	0.25
TX power (dBm)	24.50	24.50
ERP (dBm)	65.20	65.20
Emission designator	14M007W	14M007W
TX channel	S 21 1226 2000V	S 21 1226 2000V
RX threshold criteria	BER 10^-5	BER 10^-5
Maximum relative signal (dBm)	-15.00	-15.00
Thermal fade margin (dB)	6.12	6.12
Geoclimatic factor	8.22E-05	
Rain indicator (m)	0.51	
Fade occurrence factor (Po)	4.98E-03	
Average annual temperature (°C)	30.00	
Worst month - multipath (s)	100.00000	100.00000
(sec)	0.01	0.01
Annual - multipath (s)	100.00000	100.00000
(sec)	0.05	0.05
(% -sec)	100.00000 - 0.11	
Rain region	ITU Region P	
0.01% rain rate (mm/hr)	145.00	
Flat fade margin - rain (dB)	61.10	
Rain rate (mm/hr)	251.39	
Rain attenuation (dB)	61.10	
Annual rain (h-sec)	39.39622 - 240.36	
Annual multipath + rain (h-sec)	99.99522 - 245.66	

Kamis, Dec 18 2008
 13-PRAWOTO-Undaan.p4
 Reliability Method - ITU-R P.530-7/8
 Rain - ITU-R P.530-7

Gambar 3.3 Full report

ANALISA PERANCANGAN

Jalur Transmisi Microwave

Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil perhitungan yang telah dilakukan dengan menggunakan *software*. Adapun tahapan perhitungan *link budget* yang dibahas adalah:

Menghitung Jarak antara titik

Jarak antara kedua titik site dapat dihitung dengan cara menentukan posisi nominal dua titik pada garis bumi dan menghitung jarak antaranya. Letak nominal titik biasanya dinyatakan dalam garis lintang dan garis bujurnya. Setiap titik garis lintang dan garis bujur tersebut dinyatakan dalam derajat, menit dan detik. Tentunya nilai ini perlu dikonversi dalam satuan derajat saja dan dikonversi dalam km. Setiap bagian menit dan detik dikonversi dalam derajat dan dirubah dalam km. Sehingga untuk merubah titik nominal dari nilai jam-menit-detik menjadi nilai jam saja adalah:

Titik nominal dalam derajat:

$$\text{derajat} + \frac{\text{menit}}{60} + \frac{\text{detik}}{3600}$$

Rumus ini berlaku untuk titik bujur dan lintang. Misalkan suatu titik berada dalam posisi lintang utara 06° 57' 26.10" S dan bujur timur 110° 50' 18.70", maka titik ini berada pada derajat:

$$\text{Titik lintang utara: } 6 + \frac{57}{60} + \frac{26.10}{3600} = 6,9572 \text{ derajat}$$

Titik bujur timur

$$: 110 + \frac{47}{60} + \frac{18.70}{3600} = 110,8383 \text{ derajat}$$

Untuk menentukan jarak antara kedua titik adalah dengan menggunakan rumus jarak sederhana, dimana untuk garis lintang persatuan derajat dikalikan dengan nilai 110.33 km dan untuk garis bujur dikalikan dengan 111.32 km perderajat. Dengan ini dapat dihitung jarak antara dua titik A (06° 57' 26.10" S, 110° 50' 18.70" E) dan titik B (06° 54' 50.40" S, 110° 47' 49.40" E) adalah:

1) Titik Nominal A :

- Lintang Utara : 6.95725 derajat
- Bujur Timur : 110.8383306 derajat

2) Titik Nominal B :

- Lintang Utara : $6 + \frac{54}{60} + \frac{50.40}{3600} = 6.9151111$ derajat
- Bujur Timur : $110 + \frac{47}{60} + \frac{49.40}{3600} = 110.79705$ derajat

3) Jarak Lintang A dan B

$$\text{Jarak Lintang: } |\text{LintangA} - \text{LintangB}| * 110.33 \text{ km}$$

$$|6.95725 - 6.9151111| * 110.33 \text{ km} = 4.6 \text{ km}$$

4) Jarak Bujur A dan B

$$\text{Jarak bujur : } |\text{LintangA} - \text{LintangB}| * 111.32 \text{ km}$$

$$|110.8383306 - 110.79705| * 111.32 \text{ km} = 4.60 \text{ km}$$

5) Jarak A dan B

$$\text{Jarak} = \sqrt{(\text{Jarak Lintang}^2 + \text{Jarak Bujur}^2)}$$

$$\text{Jarak} = \sqrt{(4.6491^2 + 4.60023^2)} = 6.61998 \text{ km}$$

Site Name	PRAWOTO	Undaan
Call Sign	PTI.B.07.029	376
Station Code		
State		
Owner Code		
Latitude	06 57 26.10 S	06 54 50.40 S
Longitude	110 50 18.70 E	110 47 49.40 E
True azimuth (°)	316.22	136.23
Calculated Distance (km)		6.62
Profile Distance (km)		6.62

Gambar 4.1 Perhitungan jarak antara titik bumi menggunakan *pathloss 4.0*

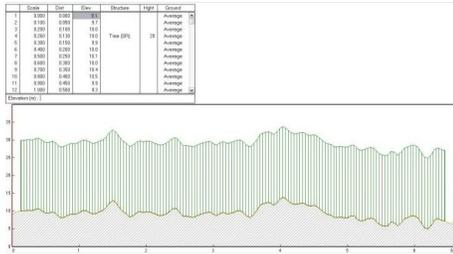
Jalur gelombang radio Prawoto – Undaan

Posisi titik bumi site Prawoto dan Undaan

Posisi nominal titik bumi site Prawoto berada pada posisi lintang utara 06° 57' 26.10" S dan bujur timur 110° 50' 18.70", sedangkan titik nominal site undaan berada pada titik lintang utara 06° 54' 50.40" S, dan bujur timur 110° 47' 49.40" E. Dengan diketahui kedua titik nominal tersebut dapat ditarik garis lurus imajiner untuk mengetahui jarak kedua titik tersebut sejauh 6.62 km. Dengan diketahui jarak antara titik tersebut dapat dihitung nilai rugi-rugi ruang bebas yang mungkin terjadi dikarenakan jarak antara titik.

Topografi jalur Prawoto – Undaan

Topografi jalur prawoto undaan dapat diketahui dengan metode survey lapangan ataupun menggunakan peta digital yang tersedia. Peta digital yang digunakan pada saat ini adalah peta SRTM yang dipublikasikan oleh badan antariksa Amerika (NASA). Dengan menggunakan peta SRTM dapat diketahui kondisi profile antara titik nominal bumi tersebut untuk mengetahui kemungkinan penghalang yang terjadi.



Gambar 4.2 Topografi antara titik nominal bumi site Prawoto dan Undaan menggunakan Peta SRTM

Tabel 4.1 Informasi Umum Jalur Prawoto – Undaan dan Topografi jalur (dilanjutkan)

Data	Prawoto	Undaan
Site ID	4.PTLB.07.029	
Latitude (S)	06 - 57 - 26.10	06 - 54 - 50.30
Longitude (E)	110 - 50 - 18.70	110 - 47 - 49.80
True Azimuth (°)	316.32	136.32
Distance (km)	6.62	6.62
Profile Distance (km)	6.62	6.62
Datum	WGS 84	WGS 84
Elevation (m)	9.07	7.60

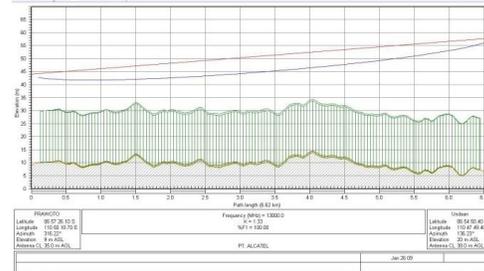
Tabel 4.1 Informasi Umum Jalur Prawoto – Undaan dan Topografi jalur (lanjutan)

Distance (km)	Elevation (m)	GroundStructure (m)
0.00	9.0	AG
0.05	9.6	AG
0.08	9.8	AG 20.0 m Tree (Start of Range)
1.40	10.8	AG
1.45	11.9	AG
1.50	12.9	AG
1.55	12.1	AG
1.60	10.8	AG
1.65	9.8	AG
1.70	9.1	AG
2.30	9.0	AG
2.40	10.5	AG
2.45	10.7	AG
2.50	9.5	AG
3.50	8.4	AG
3.55	8.2	AG
3.60	8.9	AG
3.70	11.6	AG
3.80	12.2	AG
3.90	11.2	AG

Gelombang ruang bebas Prawoto – Undaan

Dengan mengetahui letak penghalang dan kondisi topografi antara kedua titik maka dapat ditentukan ketinggian minimum antenna yang akan digunakan untuk membuat titik antara kedua site tersebut memenuhi criteria *Line of sight* yaitu bebasnya zona fresnel 1 dari segala bentuk penghalang yang dapat menyebabkan pembelokan, penghamburan, maupun perusakan sinyal yang dikirim oleh pemancar sehingga daya yang diterima sisi penerima tidak dapat optimum dan diprediksi nilainya.

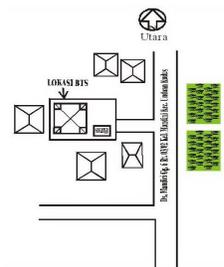
Dengan demikian letak antenna yang digunakan pada kedua site harus memenuhi criteria tersebut. Dengan menggunakan tombol *optimize* dapat ditentukan ketinggian optimum sedemikian sehingga dapat dihasilkan kondisi LOS pada kedua titik tersebut.



Gambar 4.3 Penggambaran kondisi Line of sight jalur Prawoto Undaan dengan ketinggian antenna yang sudah ditentukan

Survey lokasi jalur Prawoto – Undaan dan hasil perhitungan linkbudget

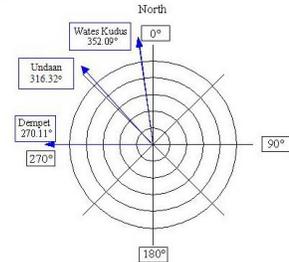
Survey lokasi site dilakukan supaya dapat mengetahui kondisi nyata dari antara titik site tersebut. Sehingga dapat diketahui kemungkinan penghalang kritis yang dapat terjadi diantara kedua titik tersebut. Selain itu dapat diketahui letak antenna yang telah direncanakan pada tahap perencanaan apakah dapat diimplementasikan. Pada tahap survey ini beberapa hal penting yang perlu diketahui adalah informasi tentang titik *far end*, informasi jalur, lokasi site, diagram *azimuth*, dan foto kondisi site.



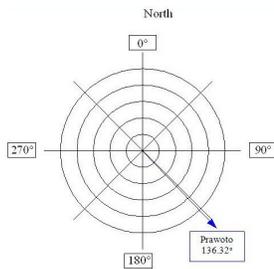
Gambar 4.4 Lokasi site Undaan



Gambar 4.5 Lokasi site Prawoto - Undaan dalam peta



Gambar 4.6 Diagram Azimuth Prawoto



Gambar 4.7 Diagram Azimuth Undaan



Gambar 4.8 Topografi LOS Jalur Prawoto – Undaan



Gambar 4.9 Rencana letak pemasangan antenna kearah Prawoto pada site Undaan

Setelah diketahui semua informasi di lapangan yang dibutuhkan, maka dengan memperhatikan parameter yang sudah direncanakan jalur komunikasi radio tersebut dapat diimplementasikan sesuai dengan perencanaan sebelumnya.

	PRAWOTO	Undaan
Elevation (m)	9.07	19.97
Latitude	06 57 26.10 S	06 54 50.40 S
Longitude	110 50 18.70 E	110 47 49.40 E
True azimuth (°)	316.22	136.23
Vertical angle (°)	-4.50e-03	-0.04
Antenna model	SP4-127	SP4-127
Antenna height (m)	35.00	38.00
Antenna gain (dBi)	41.70	41.70
TX filter loss (dB)	0.50	0.50
RX filter loss (dB)	0.50	0.50
Frequency (MHz)	13000.00	
Polarization	Vertical	Vertical
Path length (km)	6.62	
Free space loss (dB)	131.17	
Atmospheric absorption loss (dB)	0.13	
Field margin (dB)	1.00	
Net path loss (dB)	49.90	49.90
Radio model	9413AWY004-08E1	9413AWY004-08E1
TX power (watts)	0.25	0.25
TX power (dBm)	24.00	24.00
EIRP (dBm)	65.20	65.20
Emission designator	14MOD7W	14MOD7W
TX Channels	8.2L 12957.5000V	8.2H 13223.5000V
RX threshold criteria	BER 10-6	BER 10-6
RX threshold level (dBm)	-87.00	-87.00
Maximum receive signal (dBm)	-15.00	-15.00
RX signal (dBm)	-25.90	-25.90
Thermal fade margin (dB)	61.10	61.10
Geoclimatic factor	8.22E-05	
Path inclination (m/r)	0.31	
Fade occurrence factor (Po)	4.98E-03	
Average annual temperature (°C)	30.00	
Worst month - multipath (%)	100.00000	100.00000
(sec)	0.01	0.01
Annual - multipath (%)	100.00000	100.00000
(sec)	0.05	0.05
(% - sec)	100.00000 - 0.11	
Rain region	ITU Region P	
0.01% rain rate (mm/hr)	145.00	
Fat fade margin - rain (dB)	61.10	
Rain rate (mm/hr)	261.39	
Rain attenuation (dB)	61.10	
Annual rain (%-sec)	99.99922 - 245.56	
Annual multipath + rain (%-sec)	99.99922 - 245.66	

Gambar 4.10 Informasi perencanaan Link budget

KESIMPULAN

Dari analisa perhitungan *link budget* jalur Prawoto – Undaan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Pada jalur transmisi radio titik ke titik area Prawoto – Undaan Kudus memiliki topografi yang cenderung datar dan tidak memiliki daerah yang jauh lebih tinggi dari daerah sekitarnya.
- 2) Dengan menggunakan antenna berdiameter lebih besar akan dihasilkan daya terima lebih besar bilamana parameter lain tetap.
- 3) Dengan semakin jauhnya jarak, maka rugi-rugi sinyal pada ruang bebas semakin besar.
- 4) Dengan menggunakan frekuensi antara 10 GHz hingga 20 Ghz maka rugi-rugi sinyal pada ruang bebas dengan frekuensi 20 Ghz memiliki rugi-rugi ruang bebas yang lebih besar.
- 5) Penggunaan perangkat yang paling optimal adalah menggunakan diameter antenna 1,2

m tipe SB4-127 dengan daya transmisi 24 dBm, menghasilkan level daya -25.90 dBm.

SARAN

Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan beberapa hal yang lebih khusus antara lain:

- 1) Selain menggunakan *pathloss* 4.0 dapat menggunakan perangkat lunak lain yang berfungsi sebagai penghitung sinyal jaringan seperti atoll 2.6, mentum planet, Aircomm, dan lainnya.
- 2) Dapat ditambahkan pula hasil analisa keandalan jaringan yang telah diperhitungkan.
- 3) Diperlukan adanya peta lain sebagai pembandingan keandalan peta digital SRTM yang digunakan pada pembahasan ini

DAFTAR RUJUKAN

- Ajay, Mishra L (2007). "Advanced Cellular Network Planning and Optimisation 2G/2.5G/3G....Evolution to 4G". Willey-intercience Publication. Canada.
- Freeman, Roger L (1998), "Telecommunications Transmission Handbook". Willey-intercience Publication. Canada.
- Holonen, Timo.dkk (2003). "GSM, GPRS, and EDGE Performance, Evolution Toward 3G/UTMS". Willey-intercience Publication. Canada.
- Rappaport, Theodore S. (1997), "Wireless Communications"., Prentice Hall PTR, New Jersey.
- Ajay, Mishra L (2004). "Fundamentals of Cellular Network Planning and Optimisation". Willey-intercience Publication. Canada.
- Brand Alex, Hamid Aghfami (2002), "Multiple Acces Protocols For Mobile Communications, GPRS, UTMS Beyond". Willey-intercience Publication. Canada.